

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 571.51:551.481.2+551.796

ГЕНЕЗИС И ИСТОРИЯ ПОСЛЕЛЕДНИКОВОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО БОЛОТА В ДОЛИНЕ Р. ДУБЧЕС

Л. В. Карпенко, А. С. Прокушкин

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

E-mail: karp@ksc.krasn.ru, prokushkin@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 15.03.2018 г.

Приведены результаты палеоботанического и радиоуглеродного исследований лесоболотной экосистемы в нижнем течении р. Дубчес. Установлено, что процесс заболачивания этой территории начался в позднеледниковье и голоцене, в период с 14.4 до 9.5 тыс. кал. л. н. Анализ стратиграфии торфяной залежи пяти разрезов с различной мощностью торфа показал, что болотный массив образовался путем слияния отдельных участков болота, причем каждый из них в инициальный период развивался по-разному. Торфяная залежь разрезов образована низинными, переходными и верховыми торфами лесотопяного и топяного подтипов. Современный растительный покров болота представлен сосново-кустарничково-сфагновыми (рямовыми) группировками с довольно хорошо развитым древесным ярусом из болотной сосны. Детальный анализ стратиграфии залежи эталонного разреза в центральной части профиля показал, что сукцессионный ряд болотных фитоценозов от позднеледниковья до настоящего времени включает 18 стадий смен и эти смены связаны с изменением гидрологического режима (отмечено варьирование индекса влажности (ИВ) от 2.1 до 7.8). Выявлено пять этапов развития растительности болота, тесно связанных с режимом увлажнения: первый длился непродолжительное время – 14 400–13 356 кал. л. н., характеризовался индексом влажности 7.8 и доминированием гипергидрофильных гипновых фитоценозов; второй и третий (13 356–2866 кал. л. н.) характеризовались ИВ 5.7–2.1 и развитием евтрофных березово-разнотравных и березовых фитоценозов; для четвертого этапа (2866–1868 кал. л. н.) характерны ИВ 7.3 и развитие топяных шейхцериевых фитоценозов; пятый этап (1868 кал. л. н. – современное время) характеризуется ИВ 4.5–3.3 и доминированием фускум-фитоценозов. В результате ботанического анализа торфа обнаружено три контактных слоя, образованных березовым торфом, что может свидетельствовать о ксеротермических периодах голоцена Приенисейской Сибири и облесении болота березовыми древостоями. Установлено, что средняя скорость вертикального прироста торфа варьировала от 0.16 до 0.39 мм/год, что значительно ниже скорости торфонакопления в рямках средней тайги Западной Сибири.

Ключевые слова: лесные болота, стратиграфия, радиоуглеродное датирование, индекс влажности, стадии смен фитоценозов, контактные слои, аккумуляция торфа.

DOI: 10.15372/SJFS20180503

ВВЕДЕНИЕ

Палеоботанический анализ стратиграфии торфяной залежи – важный источник информации о локальных взаимосменах леса и болота с момента образования болота и до настоящего времени, так как растительность является наиболее чутким индикатором изменения экологи-

ческих условий окружающей среды, в частности палеогидрологического режима (Елина и др., 1994; Глебов, Карпенко, 1999; Beerling, 1999; Glebov et al., 2002). Как отмечал Ю. А. Львов (1974, с. 192), «пласты торфа представляют собой геологическое содержание болотно-ландшафтных фаций, а вся стратиграфия иллюстрирует их смену». В литературе существует ряд

концепций по проблеме взаимосмен леса и болота в голоцене на территории Западной Сибири. Так, М. И. Нейштадт и Л. К. Малик (1980, с. 15) утверждали, что «на протяжении голоцена в природе происходит борьба двух растительных формаций – леса и болота, причем в абсолютно подавляющем числе случаев победу одерживает болото», тогда как по мнению Н. И. Пьявченко (1979, с. 12), «в современную эпоху масштаб болотообразовательного процесса заметно уменьшился, многие болотные массивы полностью или частично зарастают лесом, в таежной зоне часты явления временного, обратимого заболачивания». Л. И. Гераско и Н. Н. Пологова (1976, с. 45) считают, что «этот процесс динамичен, а механизмы заболачивания и разболачивания в значительной мере определяются конкретными гидрологическими, геоморфологическими и антропогенными факторами».

Нами на протяжении 2010–2015 гг. проводились комплексные исследования болот северной части междуречья Сым–Дубчес (Карпенко и др., 2012; Прокушкин и др., 2017). В основу данной работы положены результаты полевых и камеральных исследований лесного болота в нижнем течении р. Дубчес (среднетаежная подзона), где с 2012 г. проводятся круглогодичные измерения газообмена методом микродинамических пульсаций. На основе детального исследования стратиграфии торфяных залежей олиготрофного болота впервые выполнена реконструкция сукцессий растительности и палеогидрологического режима в позднем плейстоцене–голоцене с целью выявления генезиса, возраста и истории его развития. В соответствии с этим решались следующие задачи: ботанический анализ торфа с целью выявления динамики сукцессий лесных и болотных фитоценозов; определение возраста болот путем датирования слоев торфа по ^{14}C ; реконструкция гидрологического режима болота в динамике и влияние его на локальные взаимосмены лесных и болотных фитоценозов; анализ торфонакопления в различные временные отрезки голоцена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на болотном массиве площадью 3.06 км², залегающем между р. Дубчес в ее нижнем течении и ее правобережным притоком – р. Хойба (рис. 1). Болото находится примерно в 25 км к западу от с. Зотино Туруханского р-на Красноярского края и расположено в районе Среднеенисейского опор-

ного экспедиционного пункта (ОЭП) Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – «Международной обсерватории высотной мачты ZOTTO». Примерные географические координаты объекта исследований – 60°49' с. ш., 89°23' в. д. Его окружают песчаные гривы, занятые сосняками лишайниковыми, черничными и брусничными. На границе суходолов и болота произрастают заболоченные сосняки с примесью лиственницы и березы лишайниково-брусничные и зеленомошно-черничные. Растительность периферийной части болотного массива занята сосново-кустарничково-сфагновыми (рямовыми) фитоценозами, а центральная – грядово-мелко- и грядово-крупномочажинными комплексами, которые чередуются с небольшими пространствами грядово-мочажинно-озерковых комплексов. В полевой период 2015 г. нами исследован периферийный участок болота с условным названием ВБ-7, в растительном покрове которого сочетаются олиготрофные сосново-кустарничково-сфагновые (рямовые) гряды и бугры и топкие мезоолиготрофные осоково-сфагновые мочажины.

По Е. Д. Лапшиной (2003), рям представляет собой сосново-кустарничково-сфагновое болото лесного облика, в котором средняя высота древесного яруса болотных форм сосны варьирует от 8 до 10 м (рослый рям) и от 1.5 до 3.0 м (рям).

На болотном массиве в направлении с запада на восток проложили топоэкологический профиль и выполнили геоботаническое описание растительности, в том числе таксационное описание древостоя. При помощи торфяного бура заложили 5 торфяных разрезов с условным названием ВБ7-1, ВБ7-2, ВБ7-3, ВБ7-4 и ВБ7-5, мощность торфа в которых варьирует от 1.6 до 5.1 м (см. рис. 1).

Из разрезов послойно сплошной колонкой с интервалом 5 см от поверхности до материнской породы отобрали образцы торфа для изучения его ботанического состава (всего 300 шт.). Поверхностный образец (сфагновый очес) вырезали ножом в форме монолита размером 15 × 15 × 25 см. Ботанический анализ торфа выполняли по ГОСТ 28245-89, использовали микроскоп «Leitz Wetzlar» с кратностью увеличения ×20 и ×40. Идентификацию растительных остатков в волокне торфа проводили по атласам (Домбровская и др., 1959; Кац и др., 1977). Латинские названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову (1995), листостебельных и сфагновых мхов – по Л. И. Савич-Любичкой и З. Н. Смирновой (1968, 1970). Стратиграфиче-



Рис. 1. Спутниковый снимок болотного массива (ВБ-7) с расположением точек отбора торфяных колонок (разрезы 1–5) на поперечном топтоэкологическом профиле. Красным кружком обозначено положение разреза, исследованного нами ранее (Карпенко и др., 2012; Прокушкин и др., 2017).

ские колонки видов торфа построены в программе «Cori» (Кутенков, 2013). Из всех разрезов с различным интервалом отобрали образцы торфа для определения их абсолютного и календарного возраста по ^{14}C (общее количество дат 39).

Возраст образцов получен на основе радиоуглеродного датирования торфа методом ускорительной масс-спектропии (3-MV Tandemron ion accelerator) в Институте биогеохимии им. Макса Планка (Йена, Германия) (Steinhof et al., 2017). Абсолютный возраст получен с помощью программы CALIB 7.1 (Stuiver, Reimer, 1993; Stuiver et al., 2018) относительно кривой IntCal13 (Reimer et al., 2013). В связи с получением инверсионной даты для придонного слоя торфа разреза ВБ7-3 его возраст получен мето-

дом интерполяции. Этим же методом получены промежуточные датировки и произведен расчет линейного прироста торфа за весь период его накопления. Анализ данных в статье приводится с учетом калибровочного возраста – календарных лет назад (кал. л. н.). Для реконструкции гидрологического режима применен метод расчета «индекса влажности» по растительным остаткам, слагающим торфяную залежь (Елина, Юрковская, 1992).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика современной растительности. Микрорельеф в периферийной части болота на 80–90 % образован мощными сфаг-

новыми грядами и приствольными буграми из сфагнома бурого *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., мочажинами разной степени обводненности и межкочечными понижениями, занимающими 10–20 % поверхности. Необходимо отметить, что на соотношение гряд и мочажин на различных участках топоэкологического профиля влияет его увлажненность, которая неодинакова на этих участках. Так, вблизи уступа песчаного материкового плато (разрезы ВБ7-1 и ВБ7-2) она не очень высока, уровень болотных вод (УБВ) здесь находится на глубине 15–20 см ниже поверхности. Микрорельеф на 90 % образован мощными сфагновыми грядами и буграми из сфагнома бурого, и лишь 10 % поверхности занимают слабо обводненные мочажины и межкочечные понижения. Длина гряд варьирует от 5 до 10 м, ширина – 2.5–5.0 м. Длина мочажин около 5.0–8.0 м, ширина – 2.5–3.0 м. Обводненность центральной части профиля (разрез ВБ7-3) значительно увеличивается, УБВ здесь находится на поверхности мочажин. Гряды и сфагновые подушки, образующие приствольные повышения, имеют высоту 0.3–0.5 м, диаметр 0.5–1.5 м и занимают 70–80 % площади. На долю сильно обводненных мочажин различной конфигурации длиной 15–20 м и шириной 8–10 м приходится 20 % площади. Далее на восток (разрезы ВБ7-4 и ВБ7-5) степень дренированности поверхности болота увеличивается благодаря руч. Развилки, который протекает на небольшом расстоянии от места заложения разрезов. УБВ здесь стоит на глубине 25 см от поверхности болота. Микрорельеф этого участка болота образован средними и высокими моховыми грядами и кочками, занимающими 95 % поверхности, и межгрядовыми понижениями – 5 %, а мочажины отсутствуют. Длина гряд 3.0–5.0 м, высота их варьирует от 0.5 до 0.7 м, диаметр – от 3.0 до 5.0 м. Гряды плотные, слабо увлажнены. Длина межгрядовых понижений не более 2.0–3.0 м.

Древесный ярус гряд представлен сосной обыкновенной болотной формы *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*. Высота и полнота деревьев варьируют в зависимости от степени дренированности поверхности болота. Так, в месте заложения разрезов ВБ7-1 и ВБ7-2, которые находятся, как отмечалось выше, вблизи уступа материкового плато, высота деревьев колеблется от 1.5 до 2.5 м, а диаметр стволов – от 3 до 8 см. Полнота древесного яруса составляет 0.1–0.3. Жизненное состояние деревьев удовлетворительное. Имеется подрост сосны обыкновенной и сосны кедровой сибирской *Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr.



Рис. 2. Древесный ярус и напочвенный покров в центральной части профиля.

При продвижении вглубь болотного массива (разрез ВБ7-3) высота деревьев сосны достигает 2.5–3.0 м, а полнота увеличивается до 0.3–0.4 (рис. 2).

Жизненность древесного яруса хорошая, доля сухостоя незначительна, что, скорее всего, связано с удовлетворительными условиями проточности этого участка болота. С увеличением степени дренированности далее по профилю (разрезы ВБ7-4 и ВБ7-5) древесный ярус становится более разреженным, снижаются высота деревьев (0.5–1.5 м) и их полнота (0.1–0.2). Стволы и ветви сосны обильно покрыты эпифитными лишайниками. Доля сухостоя составляет 10–15 %. Единично встречается кедр высотой 0.7–1.0 м. Есть подрост сосны и кедра. Ухудшение роста сосны на этом участке болота связано, вероятнее всего, с увеличением физиологической сухости корнеобитаемого слоя.

На положительных формах микрорельефа развит кустарничковый ярус, общее проективное покрытие которым составляет 40–50 %, а в восточной части профиля – 60 %.

Из кустарничков в напочвенном покрове доминирует мирт болотный *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, меньшее участие принимают багульник болотный *Ledum palustre* L., береза карликовая *Betula nana* L., подбел обыкновенный *Andromeda polifolia* L., морошка *Rubus chamaemorus* L. и клюква четырехлепестная *Oxycoccus quadripetalus* Gilib. Изредка встречаются экземпляры голубики обыкновенной *Vaccinium uliginosum* L. и шикши черной *Empetrum nigrum* L. Влажные межбугровые понижения сфагновых подушек заняты лишайниками: кладонией звездчатой *Cladonia stellaris*

(Opiz) Pouzar & Vezda, кладонией оленьей *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F. H. Wigg., цетрарией исландской *Cetraria islandica* (L.) Ach. и др. Моховой ярус гряд и бугров на 100 % образует сфагнум бурый с редкими вкраплениями в межкочечных понижениях сфагнумов узколиственного *Sphagnum angustifolium* (Russ.) C. Jens. и магелланского *Sphagnum magellanicum* Brid. Травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы межрядовых и межкочечных понижений образованы теми же растениями, что и гряды, однако отличаются доминированием багульника болотного и морошки. На поверхности болота местами встречаются низкорослые кочки из пушицы влагалищной *Eriophorum vaginatum* L. Травяной покров мочажин сильно изрежен, степень проективного покрытия не превышает 20–30 %. Он образован осоками: топяной *Carex limosa* L., шаровидной *C. globularis* L., плетевидной *C. chordorrhiza* Ehrh. ex L. F., шейхцерией болотной *Scheuchzeria palustris* L. и пушицей стройной *Eriophorum gracile* Koch. У края мочажин, на границе с грядой, обычны низкорослые подбел обыкновенный и мирт болотный. Моховой покров мочажин рыхлый, на 100 % образован супергидрофильными сфагновыми мхами: сфагнумом тупым *Sphagnum obtusum* Warnst., балтийским *Sph. balticum* ((Russ.) Russ. ex C. Jens.) и остроконечным *Sph. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. В дренированной части болота (разрезы ВБ7-4 и ВБ7-5) проективное покрытие травяного яруса не превышает 5 %. Он представлен куртинками пушицы влагалищной, морошки и росянки круглолистной *Drosera rotundifolia* L. Встречаются пятна лишайников из цетрарии исландской, кладоний оленьей и звездчатой и др., занимающие до 20 % поверхности.

Стратиграфия торфяной залежи и ее возраст. Стратиграфия торфяной залежи болота показана на рис. 3, там же приведен абсолютный возраст слоев торфа пяти разрезов в калиброванных датах.

Стратиграфия торфяной залежи свидетельствует о том, что современный болотный массив образовался путем слияния отдельных заболоченных участков. Это подтверждается неодинаковым чередованием пластов торфа в каждом разрезе, что может быть вызвано только разными локальными условиями развития растительности. А данные датирования придонных слоев торфа говорят о том, что первые очаги заболачивания на территории исследований возникли в верхнем плейстоцене, в период с 14.4 до 9.5 тыс. кал. л. н.

Как видно из рис. 3, стратиграфия торфяной залежи всех разрезов довольно сложная и свидетельствует о последовательных стадиях развития болотных фитоценозов от ев- и мезотрофных к олиготрофным. Продолжительность этих стадий и мощность торфа, который образовался в эти стадии, в исследованных торфяных разрезах неодинаковы (табл. 1).

Так, вблизи уступа материкового плато (разрез ВБ7-1) низинная стадия продолжалась около 3087 лет, переходная – 2874 и верховая – 3614 лет. За эти временные отрезки отложились слои торфа 0.45, 1.10 и 2.05 м соответственно. Самой низкой скоростью торфонакопления была во время низинной стадии развития болота – 0.14 мм/год. Далее по профилю (разрезы ВБ7-2 и ВБ7-3) низинная стадия продолжалась довольно продолжительное время – 11 909 и 9110 лет, за которое сформировалась основная часть залежи – 3.55 и 1.6 м. Скорость аккумуляции торфа в эту стадию была самой низкой в разрезах – всего 0.30 и 0.17 мм/год (см. табл. 1). На месте заложения разреза ВБ7-4 низинная стадия продолжалась 6244, переходная – 1963, верховая – 2682 года, а мощность торфа по стадиям была 0.60, 0.55 и 1.35 м соответственно. Наименьшая скорость накопления торфа отмечена в низинной стадии развития – 0.10 мм/год, наибольшая – в верховой – 0.50 мм/год. И, наконец, на болоте в месте заложения последнего разреза (ВБ7-5) низинная стадия продолжалась 1808 лет, переходная – 5806, верховая – 1983 года. За эти отрезки времени накопился слой торфа 0.40, 0.25 и 0.85 м соответственно. Этот участок болота по сравнению с описанными выше значительное время находился в переходной фазе развития, а скорость аккумуляции торфа в это время была самой низкой в разрезе – всего 0.04 мм/год. Средняя скорость линейного прироста торфа по всем разрезам в целом составляла 0.16–0.39 мм/год (величины получили делением мощности торфяной залежи каждого разреза на их календарный возраст). Полученные данные свидетельствуют о том, что скорость аккумуляции торфа на исследованном болоте значительно ниже, чем в рядах средней тайги Западной Сибири, которая варьирует от 0.45 до 0.83 мм/год (Глебов и др., 1974; Лисс, Березина, 1981).

История взаимосмен леса и болота в зависимости от гидрологического режима наиболее детально проанализирована на эталонном разрезе с условным названием ВБ7-3, заложенном в центральной части профиля в непосредственной близости к мачте, на которой

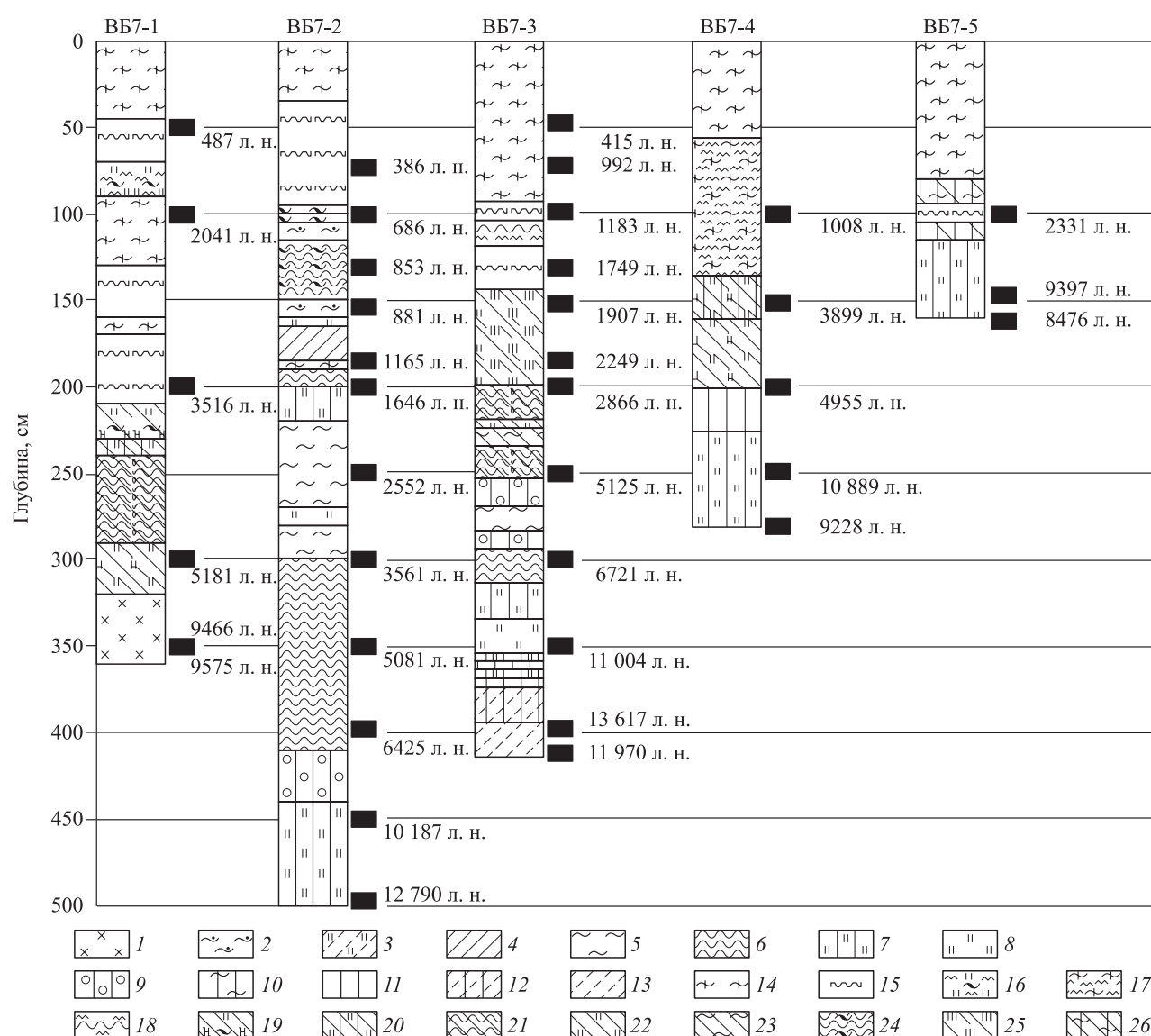


Рис. 3. Возраст, стратиграфия и виды торфа исследованного болота.

Условные обозначения. *Низинные виды торфа (1–13):* 1 – хвощовый; 2 – терес-торф; 3 – травяно-гипновый; 4 – осоковый; 5 – сфагновый; 6 – пушицевый; 7 – древесно-травяной; 8 – травяной; 9 – березовый; 10 – древесно-сфагновый; 11 – древесный; 12 – древесно-гипновый; 13 – гипновый. *Верховые виды торфа (14–18):* 14 – фускум-торф; 15 – медиум-торф; 16 – травяно-сфагновый; 17 – комплексный; 18 – пушицевый. *Переходные виды торфа (19–26):* 19 – травяно-сфагновый; 20 – древесно-травяной; 21 – пушицевый; 22 – травяной; 23 – сфагновый; 24 – пушицево-сфагновый; 25 – шейхцериевый; 26 – древесно-сфагновый.

осуществляются измерения газообмена методом микродинамических пульсаций. Строение торфяной залежи свидетельствует о том, что болото в своем развитии прошло 3 стадии: 415–255 см – низинную, 255–145 см – переходную и 145–0 см – верховую. Реконструкция палеофитоценозов показывает, что они развивались по законам эндогенеза, а смены растительности носили преимущественно континуальный, плавный характер. Однако на глубинах 330–325, 320–315, 295–290 и 270–265 см отмечены пожарные прослойки и угли, которые свидетельствуют

о том, что в плавный характер смен вторгались также внешние факторы – пожары.

В табл. 2 показаны сукцессионные смены лесной и болотной растительности и гидрологический режим, который охарактеризован индексом влажности (ИВ).

Из табл. 2 следует, что в своем развитии растительность претерпела 18 стадий смен, каждая из которых характеризуется своим показателем ИВ. Временные границы этих стадий подтверждены десятью радиоуглеродными датировками, а также примерными промежуточными датами,

Таблица 1. Характеристика стадий развития болота, скорости аккумуляции торфа по стадиям и средней по разрезу, мм/год

Разрез	Продолжительность стадий, лет / мощность торфа, см			Количество стадий смен фитоценозов			Скорость аккумуляции торфа по стадиям			Средняя скорость линейного прироста торфа по разрезу
	низинного	переходного	верхового	низинного	переходного	верхового	низинного	переходного	верхового	
ВБ7-1	<u>3087</u> 45	<u>2874</u> 110	<u>3614</u> 205	1	4	7	0.14	0.38	0.57	0.37
ВБ7-2	<u>11909</u> 355	<u>188</u> 50	<u>686</u> 100	12	3	3	0.30	2.60	1.46	0.39
ВБ7-3	<u>9110</u> 160	<u>3422</u> 110	<u>1868</u> 145	10	4	4	0.17	0.32	0.78	0.29
ВБ7-4	<u>6244</u> 60	<u>1963</u> 55	<u>2682</u> 135	3	2	2	0.10	0.28	0.50	0.23
ВБ7-5	<u>1808</u> 40	<u>5806</u> 25	<u>1983</u> 85	1	3	1	0.22	0.04	0.43	0.16

полученными методом интерполяции. По данным ИВ, в динамике болота по режиму увлажненности выделяются пять этапов. Первый приходится на инициальный период образования болота (время 14 400–13 356 кал. л. н., дриас 1 (D1)), когда происходило зарастание мелководного водоема, в котором доминировали гипергидрофильные гипновые фитоценозы из дрепанокладусов глянцевого *Drepanocladus vernicosus* (Mitt.) Warnst., Зендтнера *D. sendtneri* (Schimp. ex H. Müll.) Warnst., трехрядного *D. trifarius* (F. Weber & D. Mohr) Broth., а разреженный травяной ярус состоял из болотного разнотравья (ИВ – 7.8). Второй этап приходится на отрезок времени 13 356–11 520 кал. л. н. – аллеред (Al) – большая часть дриаса 3 (D3). Он характеризуется переменным гидрологическим режимом с варьированием ИВ от 3.2 до 5.7. С улучшением гидрологического режима на болоте начинает формироваться сначала березово-разнотравный фитоценоз из березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh., в напочвенном покрове которого доминировали гипновые мхи, а также вейник незамечаемый *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., B. Mey. & Schreb., осоки – двухтычинковая *Carex diandra* Schrank и дернистая *C. cespitosa* L., хвощ болотный *Equisetum palustre* L., затем – березово-разнотравно-сфагновый фитоценоз. Древесный ярус его был образован березой пушистой с незначительной примесью сосны обыкновенной, в травяном покрове произрастали пушица влагаллищная, хвощ болотный, осоки, а в моховом доминировали сфагнумы Варнсторфа *Sphagnum warnstorffii* Russow, центральный *Sph. central* C. Jens ex H. Arnell et C. Jens., оттопыренный *Sph. squarrosum* Crome и др. Эти фитоценозы от-

ложили низинные топяные и лесотопяные виды торфа различной мощности древесно-травяной, древесно-моховой и моховой групп.

Третий этап, гидрологический режим которого характеризуется относительной сухостью (варьирование ИВ от 4.7 до 2.1), продолжался от 11 520 до 2866 кал. л. н. Он пришелся на конец D3, предбореала (PB), бореала (BO), атлантики (AT) и основную часть суббореала (SB). В интервале времени 11 520–5290 кал. л. н. на болоте были развиты близкие по видовому составу евтрофные лесные и лесоболотные фитоценозы с доминированием в древесном ярусе березы пушистой с незначительным участием сосны обыкновенной, а в травяном ярусе доминантами были хвощ болотный, пушица влагаллищная, осоки дернистая и вздутая *Carex rostrata* Stokes. В конце этапа (5290–2866 кал. л. н.) эти фитоценозы сменяются мезотрофными травяно-сфагновыми, растительный покров которых состоит преимущественно из пушицы влагаллищной и сфагнума магелланского. Растительные группировки этого этапа развития болота отложили слои низинного и переходного торфов древесной, древесно-травяной, травяной и моховой групп различной мощности.

Четвертый этап, характеризующийся значительным увлажнением болота (ИВ – 7.3), занимает отрезок времени от 2866 до 1868 кал. л. н. (конец SB и первая половина субатлантики (SA)). Резкая смена гидрологического режима привела к широкому распространению на болоте сильно обводненного безлесного шейхцериевого фитоценоза, в травяном покрове которого доминировала шейхцерия болотная, меньшее участие принимали пушица и осоки. Моховой

Таблица 2. Характеристика сукцессионных смен фитоценозов, возраста, гидрологического режима и периодов голоцена

Глубина взятия образца, см	Доминанты и содоминанты растительного покрова	Вид торфа	Мощность слоя, см	Время, тыс. л. н. (кал.)	Стадия	Индекс влажности	Период голоцена
1	2	3	4	5	6	7	8
5	<i>Sphagnum fuscum</i> + <i>Sph. magellanicum</i>	Фускум-торф	95	46	XVIII	3.3	SA
10				87			
15				128			
20				169			
25				210			
30				241			
35				292			
40				333			
45				374			
50				415			
55				530			
60				645			
65				760			
70				875			
75				992			
80				879			
85				955			
90				1031			
95				1107			
100	<i>Sph. magellanicum</i> + <i>Sph. fuscum</i>	Медиум-торф	10	1183	XVII	4.5	SA
105				1279			
110	<i>Eriophorum</i> + <i>Sph. magellanicum</i> + <i>Sph. fuscum</i>	Пушицевый верховой	15	1373	XVI	4.2	SA
115				1467			
120				1561			
125	<i>Sph. magellanicum</i> + <i>Sph. fuscum</i> + <i>Scheuchzeria</i> + <i>Carex</i>	Медиум-торф	25	1655	XV	4.4	SA
130				1749			
135				1790			
140				1829			
145				1868			
150	<i>Scheuchzeria</i> + <i>Eriophorum</i> + <i>Carex</i> + <i>Sphagnum</i>	Шейхцериевый переходный	55	1907	XIV	7.3	SA
155				1964			
160				2021			
165				2078			
170				2135			
175				2192			
180				2249			
185				2404			
190				2558			
195				2712			
200				2866			
205	<i>Eriophorum</i> + <i>Pinus</i> + <i>Carex</i> + <i>Sphagnum</i>	Пушицевый переходный	20	3100	XIII	4.1	SB
210				3325			
215				3550			
220				3775			
225	<i>Sph. magellanicum</i> + <i>Sph. fuscum</i> + <i>Eriophorum</i> + <i>Pinus</i>	Сфагновый переходный	15	4000	XII	4.3	SB
230				4225			
235				4450			

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
240	<i>Eriophorum</i> + <i>Sph. magellanicum</i> + <i>Betula</i>	Пушицевый переходный	20	4675	XI	3.7	AT
245				4900			
250				5125			
255				5290			
260	<i>Betula</i> + <i>Pinus sylvestris</i> + <i>Equisetum</i>	Березовый низинный	15	5449	X	2.1	
265				5608			
270				5767			
275	<i>Sph. central</i> + <i>Equisetum</i>	Сфагновый низинный	15	5926	IX	4.5	
280				6085			
285				6244			
290	<i>Betula</i> + <i>Equisetum</i> + <i>Eriophorum</i>	Березовый низинный	10	6403	VIII	2.2	
295				6562			
300	<i>Eriophorum gracile</i> + <i>Betula</i> + <i>Equisetum</i>	Пушицевый низинный	20	6721	VII	4.7	
305				7151			
310				7580			
315				8008			
320	<i>Betula</i> + <i>Eriophorum gracile</i> + <i>Equisetum</i>	Древесно- травяной низинный	45	8436	VI	4.3	BO
325				8864			
330				9292			
335				9720			PB
340				10148			
345				10576			
350				11004			
355				11268			
360				11520			
365	<i>Sphagnum</i> + <i>Betula</i> + <i>Eriophorum</i>	Древесно- сфагновый низинный	5	11790	V	5.3	D3
370	<i>Carex</i> + <i>Betula</i> + <i>Equisetum</i> + <i>Calamagrostis</i>	Древесно- травяной низинный	5	12051	IV	4.3	
375	<i>Betula</i> + <i>Equisetum</i>	Березовый низинный	5	12312	III	3.2	
380	<i>Betula</i> + <i>Drepanocladus</i> + <i>Equisetum</i>	Древесно- гипновый	20	12573	II	5.7	A1
385				12834			
390				13095			
395				13356			
400	<i>Calliergon</i> + <i>Drepanocladus</i> + <i>Menyanthes</i>	Гипновый	20	13617	I	7.8	D1
405				13878			
410				14139			
415				14400			

покров образовывали сфагнумы тупой, большой *Sph. majus* (Russow) С. Е. О. Jensen, остроконечный и другие гипергидрофильные мхи. За этот этап отложился довольно мощный слой (0.5 м) шейхцериевого переходного торфа.

Пятый этап, который характеризуется улучшением гидрологического режима (ИВ колеблется от 4.4 до 3.3), занимает отрезок времени от 1868 кал. л. н. по настоящее время и прихо-

дится на вторую половину субатлантического периода. Благодаря мощному слою накопленной торфяной залежи болото вышло из зоны влияния грунтовых вод, что вызвало смену мезотрофных фитоценозов олиготрофными. В начале этапа (время 1868–1561 кал. л. н.) в результате усиления дренированности поверхности болота шейхцериевый фитоценоз сменяется сосново-сфагновым с разреженным древесным яру-

сом из сосны обыкновенной болотной формы. В моховом ярусе доминировал сфагнум магелланский, меньшее участие принимали сфагнум узколистный и бурый. В середине этапа (1561–1279 кал. л. н.) этот фитоценоз сменился пушицевым, который встречается только на хорошо дренированных или выгоревших участках болот (Классификация..., 1975). В период примерно с 1279 кал. л. н. по настоящее время на болоте развит фускум-фитоценоз с разреженным древесным ярусом из сосны болотных форм и слабо выраженным кустарничковым ярусом. Фитоценозы, господствовавшие в течение этого этапа, отложили мощный (1.45 м) слой верхового торфа моховой группы. В конце пятого этапа, около 285 л. н. (о чем свидетельствует возраст сосны, полученный путем подсчета годовичных колец на спилах, взятых со стволов пяти деревьев у шейки корня), фускум-фитоценоз сменился сосново-кустарничково-сфагновым с преобладанием в древесном ярусе сосны обыкновенной болотной формы, а в моховом – сфагнума бурого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что лесное болото, расположенное в нижнем течении р. Дубчес, прошло сложный путь своего развития. В результате датирования придонных слоев торфа выявлено, что процесс заболачивания территории исследований начался в верхнем плейстоцене, в период с 14.4 до 9.5 тыс. кал. л. н., что совпадает с радиоуглеродными датами, приведенными ранее (Schulze et al., 2015). Детальный анализ стратиграфии торфяной залежи одного из разрезов, заложенного в центре топоэкологического профиля, показал, что на протяжении длительного времени – примерно 9110 кал. л. н. (периоды голоцена – А1, D3, РВ, ВО и большая часть АТ), условия водно-минерального питания и гидрологический режим способствовали формированию здесь евтрофных древесно-разнотравных и древесных фитоценозов. В древесном ярусе этих фитоценозов господствовала береза пушистая, а травяно-кустарничковый и моховой ярусы отличались богатым видовым составом растений. Примерно 5290–1868 кал. л. н. произошло значительное ухудшение гидрологического режима болота, которое привело вначале к смене евтрофных древесно-травяных фитоценозов мезотрофными кустарничково-пушицево-сфагновыми, а затем – сильно обводненными шейхцериевыми топиями с доминированием в травяном ярусе шейхцерии, а в моховом – сфаг-

нумов тупого и большого. На заключительном этапе развития (примерно 1869–292 кал. л. н.) произошла коренная перестройка болотных фитоценозов – топяные шейхцериевые уступили место олиготрофным фускум- и магелланикум-фитоценозам. Затем, примерно 300–200 л. н., в результате дренирования периферийной части болота фускум-фитоценоз сменился сосново-кустарничково-сфагновым с низкополнотным древостоем из сосны обыкновенной болотной формы, который еще не успел отложить соответствующий вид торфа.

Реконструкция сукцессий болотных фитоценозов, основанная на данных ботанического анализа торфа разреза ВБ7-3, позволила выявить ряд эндогенетических смен, направленных в сторону усиления лесообразовательного процесса. Об этом свидетельствуют три контактных уровня, представленные слоями березового торфа, волокно которого на 60–80 % образовано остатками древесины и коры березы. Первый из них залегает между древесно-гипновым и древесно-травяным низинными торфами (примерно 12 312 кал. л. н.), второй расположен между пушицевым и сфагновым низинными торфами (примерно 6562–6403 кал. л. н.) и третий – между слоями сфагнового низинного и пушицевого переходного торфов (примерно 5765–5449 кал. л. н.). Гидрологический режим болота в эти временные интервалы отличался наименьшим значением ИВ (от 3.2 до 2.1). Объяснить появление первого контактного уровня пока проблематично. А что касается второго и третьего, то можно предположить, что интенсивное развитие березово-травяных и березовых фитоценозов было связано не только с улучшением гидрологического режима самого болота, но и с ксеротермом, который зафиксирован в начале и середине атлантического периода (Глебов, 1988; Кошкарлова, 1989; Филимонова, Климанов, 2005 и др.). Данные стратиграфии разрезов ВБ7-2, ВБ7-4 и ВБ7-5 (березовый и древесно-травяной виды торфа в основании разрезов) свидетельствуют о том, что лесная стадия болота продолжалась около 6000 лет и была прервана пожарами. О пожарах свидетельствуют угли и пожарные прослойки в торфяной залежи, что отмечалось ранее. После пожаров на болоте неоднократно происходило возобновление березовых древостоев, о чем свидетельствуют маломощные слои березового торфа в средней части залежей, но широкого развития лесообразовательный процесс не получил, победило болото.

Авторы выражают глубокую признательность сотрудникам Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН М. А. Корецу, А. А. Цуканову, В. И. Зырянову и Н. В. Сиденко за помощь в проведении полевых исследований, О. В. Масыгиной – за подготовку образцов для радиоизотопного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Герасько Л. И., Пологова Н. Н. О некоторых механизмах заболачивания почв таежной зоны Томского Приобья // Теория и практика лесного болотоведения и гидроресомелиорации. Сб. ст. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1976. С. 45–58.
- Глебов Ф. З. Взаимоотношения леса и болота в таежной зоне. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 184 с.
- Глебов Ф. З., Карпенко Л. В. Динамика болотной и сукходольной растительности и климата междуречья Оби и Васюгана в голоцене // Лесоведение. 1999. № 5. С. 35–40.
- Глебов Ф. З., Толейко Л. С., Стариков Э. В., Жидовленко В. А. Палинологическая характеристика и датирование по C^{14} торфяника в Александровском районе Томской области (среднетаежная подзона) // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. С. 194–199.
- Домбровская Ф. В., Коренева М. М., Тюремнов С. Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.; Л.: Гос. энергет. изд-во, 1959. 90 с.
- Елина Г. А., Филимонова Л. В., Кузнецов О. Л., Лукашов А. Д., Стойкина Н. В., Арсланов Х. А., Тертичная Т. В. Влияние палеогидрологических факторов на динамику растительности болот и аккумуляцию торфа // Ботан. журн. 1994. Т. 79. № 1. С. 53–69.
- Елина Г. А., Юрковская Т. К. Методы определения палеогидрологического режима как основа объективизации причин сукцессий растительности болот // Ботан. журн. 1992. Т. 77. № 7. С. 120–124.
- Карпенко Л. В., Прокушкин А. С., Корец М. А. Территориальные особенности болот северной части Сым-Дубческого междуречья (Красноярский край) // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 9. С. 103–111.
- Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
- Классификация растительного покрова и видов торфа центральной части Западной Сибири. М.: Геолторфразведка, 1975. 148 с.
- Кошкарова В. Л. Изменение климата голоцена в Приенисейской Сибири (по палеокарпологическим данным) // Палеоклиматы позднеледникового и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 96–98.
- Кутенков С. А. Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «KORPI» // Тр. Карельск. науч. центра РАН. 2013. № 6. С. 171–176.
- Латишина Е. Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2003. 296 с.
- Лисс О. Л., Березина Н. А. Болота Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 204 с.
- Львов Ю. А. Методические материалы к типологии и классификации болот Томской области // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. С. 188–194.
- Нейштадт М. И., Малик Л. К. Прошлое, настоящее и будущее западносибирских болот // Природа. 1980. № 11. С. 24–35.
- Прокушкин А. С., Карпенко Л. В., Токарева И. В., Корец М. А., Покровский О. С. Углерод и азот в болотах северной части Сым-Дубческого междуречья // География и природ. ресурсы. 2017. № 2. С. 114–123.
- Пьявченко Н. И. Изучение истории экологических систем по торфяникам // Общие методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 40–61.
- Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. Н. Определитель сфагновых мхов СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 112 с.
- Савич-Любичкая Л. И., Смирнова З. Н. Определитель листостебельных мхов СССР. Верхояно-Корякские мхи. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1970. 826 с.
- Филимонова Л. В., Климанов В. А. Изменение количественных показателей палеоклимата в среднетаежной подзоне Карелии за последние 11 000 лет // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Финноскандии. Тр. Карельск. науч. центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 112–120.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). 2-е изд. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 990 с.
- Beerling D. J. Long-term responses of boreal vegetation to global change: an experimental and modelling investigation // Glob. Change Biol. 1999. V. 5. Iss. 1. P. 55–74.
- Glebov F. Z., Karpenko L. V., Dashkovskaya I. S. Climatic changes, successions of peatlands and zonal vegetation, and peat accumulation dynamics in the Holocene (the West-Siberia peat profile 'Vodorasdel') // Climatic Change. 2002. V. 55. Iss. 1–2. P. 175–181.
- Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Ramsey C. B., Buck C. E., Cheng H., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hafflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughes K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Mu N., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., Plicht J. van der. IntCal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. 2013. V. 55. Iss. 4. P. 1869–1887.
- Steinhof A., Altenburg M., Machts H. Sample preparation at the Jena ^{14}C laboratory // Radiocarbon. 2017. V. 59. Iss. 3 (Proc. 22nd Int. Radiocarbon Conf. (part 2)). P. 815–830.
- Stuiver M., Reimer P. J. Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program // Radiocarbon. 1993. V. 35. N. 1. P. 215–230.

Stuiver M., Reimer P. J., Reimer R. W. CALIB 7.1 / CALIB radiocarbon calibration. Executive version 7.1html, 2018.

Schulze E. D., Lapshina E., Filippov I., Kuhlmann I., Mollicone D. Carbon dynamics in boreal peatlands of the Yenisey region, western Siberia // Biogeosciences. 2015. № 12. P. 7057–7070.

GENESIS AND HISTORY OF THE POST-GLACIAL EVOLUTION OF FOREST BOG IN THE VALLEY OF THE DUBCHES RIVER

L.V. Karpenko, A. S. Prokushkin

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: karp@ksc.krasn.ru, prokushkin@ksc.krasn.ru

The results of palaeobotanical and radiocarbon study of the forest-bog ecosystem in the lower Dubches river are given in this paper. It was established that the paludification process of this area started in the late-glacial period and the Holocene, in the period from 14.4 to 9.5 thousand calendar years ago. The stratigraphic analysis of peat deposit of five profiles with different peat thickness has shown that the bog massif has formed due to the emergence of different bog parts and each of them has developed differently at the initial period. The peat deposit of profiles was formed by low-mire, mesotrophic and Sphagnum peats of forest-swamp and swamp subtype. The contemporary bog ground vegetation is presented by pine-dwarf shrub-sphagnum phytocoenosis (riam) with a well-developed tree layer of bog pine. The detailed stratigraphic analysis of deposit of a sample profile in the central part of the profile has shown that the succession series of bog phytocoenoses beginning from the late glacial period until now embraces 18 stages of changes. It was also stated that these changes are related to changing hydrological regime (humidity index variation (HI) from 2.1 to 7.8 is noted). Five development stages of bog vegetation have been revealed, which are closely connected with the humidity regime. The first stage lasted a short time, 14 400–13 356 calendar years ago. It was characterized by humidity index 7.8 and by dominating hyperhydrophilic hypnophytocoenoses. The second and third stages – 13356–2866 calendar years ago are characterized by humidity index 5.7–2.1 and by the development of eutrophic birch-rich-in-herbs and also birch phytocoenoses. The humidity index 7.3, as well as development of swampy Scheuchzeria phytocoenoses are characteristic of the fourth stage, 2866–1868 calendar years ago. The fifth stage, 1868 calendar years ago, – present time is characterized by humidity index 4.5–3.3, and by dominating fuscum phytocoenoses. The botanic peat analysis has shown three contact layers formed by birch peat which can be the evidence of xerothermal periods of the Holocene in the Near-Yenisei Siberia and afforestation of bog by birch tree stands. It was found that the average rate of vertical peat growth varied from 0.16 to 0.39 mm/year, i. e. much lower than peat accumulation rate in riams of middle taiga in the West Siberia.

Keywords: forest bogs, stratigraphy, radiocarbon dating, humidity index, stages of phytocoenoses change, contact layers, peat accumulation.

How to cite: Karpenko L. V., Prokushkin A. S. Genesis and history of the post-glacial evolution of forest bog in the valley of the Dubches river // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 5. P. 33–44 (in Russian with English abstract). DOI: 10.15372/SJFS20180503